

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002232385 A**

(43) Date of publication of application: 16.08.02

(51) Int. Cl.

H04J 11/00

H04B 7/08

H04B 7/10

(21) Application number: 2001022378

(71) Applicant: **SONY CORP**

(22) Date of filing: 30.01.01

(72) Inventor: **IWAKIRI NAOHIKO**

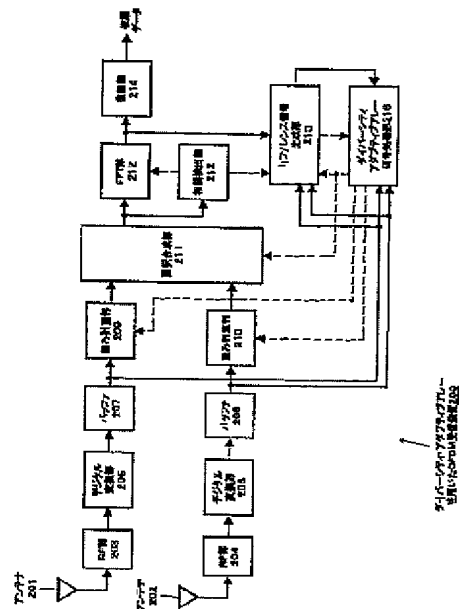
(54) OFDM RECEIVER USING DIVERSITY ADAPTIVE ARRAY

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the deterioration due to a multipath, using a diversity adaptive array.

SOLUTION: Propagation parameters such as arrival wave number, arrival wave power and time change of the power variation are obtained every OFDM symbol from correlation detection information, power measurement information and norm integrated values every received symbol, the propagation path condition is estimated, based on these parameters, to determine which operation mode is suited to the propagation environment between the adaptive array signal processing and the diversity signal processing, and the operation mode is changed for the diversity or adaptive array signal processing according to the propagation path condition.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-232385
(P2002-232385A)

(43)公開日 平成14年8月16日(2002.8.16)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ド*(参考)
H O 4 J 11/00		H O 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2
H O 4 B 7/08		H O 4 B 7/08	A 5 K 0 5 9
			D
7/10		7/10	A

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 17 頁)

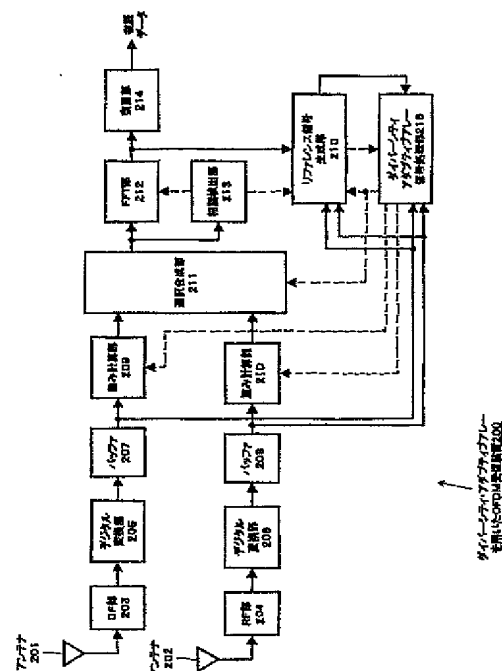
(21)出願番号	特願2001-22378(P2001-22378)	(71)出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22)出願日	平成13年1月30日(2001.1.30)	(72)発明者	岩切 直彦 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(74)代理人	100101801 弁理士 山田 英治 (外2名)
		Fターム(参考)	5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD33 5K059 AA08 BB08 CC03 CC04 DD01 DD35

(54) 【発明の名称】 ダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置

(57)【要約】

【課題】 ダイバーシティ・アダプティブアレーを用いて、マルチパスによる劣化を解決する。

【解決手段】 相関検出情報と電力測定情報と受信シンボル毎のノルム積分値から、OFDMシンボル単位で到来波数と到来波電力、電力変動の時間推移といった伝搬路パラメータを求めて、これらを基に伝搬路状況を推定して伝搬環境がアダプティブアレー信号処理又はダイバーシティ信号処理のいずれが適しているか動作モードの判定を行ない、伝搬路状況に応じてダイバーシティとアダプティブアレー信号処理を切り替える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数アンテナで受信したパイロット・シンボルを含んだOFDM（直交周波数多重分割）信号について到来波分布を基に伝搬路を推定する伝搬路推定手段と、
該伝搬路推定結果に基づいて伝搬路環境を判定して、伝搬路環境がマルチパスの場合はアダプティブ信号処理を、他の伝搬路環境の場合はダイバーシティに切り替えて信号処理を行う信号処理手段と、を具備することを特徴とするダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【請求項2】複数のOFDM（直交周波数多重分割）受信信号を選択的に使用する選択ダイバーシティを用いたOFDM受信装置であって、

受信アンテナと該受信アンテナを介して受信した信号をRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートするRF部と該ダウンコンバートされたベースバンド信号をA/D変換して複素デジタル信号に変換するデジタル変換部をそれぞれ含む複数の受信系統と、

アダプティブ信号処理を行う場合は該複素デジタル信号の重み付けを行う重み計算部と、

ダイバーシティを行う場合は各受信系統からの複素デジタル信号から1つを選択し、アダプティブ信号処理を行う場合は前記重み計算部により重み付けされた各複素デジタル信号の加算を行う選択合成部と、

前記選択合成部が出力する複素デジタル信号を所定のFFTウィンドウ・タイミングに従ってOFDMシンボル1周期分のフーリエ変換を行って並列キャリアの受信シンボルを生成するFFT部と、

前記選択合成部が出力する複素デジタル信号についてガード・インターバル部分の信号を用いて相関計算を行い、FFTウィンドウ・タイミング情報、相関信号のピーク本数、ピーク電力などからなる相関検出情報を出力する相関検出部と、

各受信系統に相当する並列キャリアの受信シンボルの復調を行う復調部と、

前記FFT部が出力する並列キャリア数個分のOFDMサブキャリア毎の受信シンボルからパイロット・シンボルを抽出し、伝搬路を推定するとともに該パイロット・シンボルに基づく到来波の到来角度を推定して、最も強い信号電力を持った到来波に相当するリファレンス信号を生成するリファレンス信号生成部と、

各受信系統からの複素デジタル信号についてそれぞれ電力測定を行うとともに大小比較して、最も電力が大きい複素デジタル信号を取り出し、前記リファレンス信号と該取り出された複素デジタル信号により各受信系統における受信信号に対する最適重み係数をそれぞれ計算するダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部と、を具備することを特徴とするダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【請求項3】アダプティブ信号処理を行う場合は、前記重み計算部は、各受信系統からの複素デジタル信号について、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部により計算された最適重み係数によって重み付けを行って加算し、該加算結果を合成複素デジタル信号として前記相関検出部並びに前記FFT部に出力し、

前記相関検出部は、ガード・インターバル区間の繰り返しパターンを用いて相関検出を行い、FFTウィンドウ・タイミング情報と相関信号のピーク本数、ピーク電力などからなる相関検出情報を生成して、該FFTウィンドウ・タイミング情報を前記FFT部に出力するとともに、該相関検出情報を前記リファレンス信号生成部に出力し、

前記FFT部は、該FFTウィンドウ・タイミング情報に従ってOFDMシンボル毎にフーリエ変換を行って並列キャリアの受信シンボルを生成して、前記復調部並びに前記リファレンス信号生成部に出力し、

前記復調部は、該並列キャリアの受信シンボル毎に復調を行い、

前記リファレンス信号生成部は、該並列キャリアの複素受信シンボルからパイロット・シンボルを抽出し、送信時におけるパイロット・シンボル系列と同じ系列を発生して双方の差分を基に受信シンボル毎にノルムを計算し、それぞれ積分を行ったノルム積分値に基づいて到来波の到来角推定を行い、その推定値と該複素デジタル信号を基にリファレンス信号を生成して、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部に出力し、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部は、ガード・インターバル区間毎に該複素デジタル信号と該リファレンス信号を基に重み係数を計算して前記重み計算部に出力する、ことを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【請求項4】ダイバーシティを行うときは、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部は、各受信系統からの複素デジタル信号についてそれぞれ電力測定を行うとともにこれらを大小比較して、最も電力が大きい複素デジタル信号を決定してパス選択情報として前記選択合成部に出力し、

前記選択合成部は、前記重み計算部により重み付けされていない複素デジタル信号についてパス選択情報に従ってただ1つの複素デジタル信号を選択して、該選択された複素デジタル信号についてFFTと復調、相関検出を行う、ことを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【請求項5】前記リファレンス信号生成部は、前記相関検出部から入力する相関検出情報と前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部から入力する電力測定

情報と該受信シンボル毎のノルム積分値とを基にOFDMシンボル単位に到来波数、到来波電力、電力変動の時間推移などからなる伝搬路パラメータを求めて、該伝搬路パラメータに基づいて伝搬路状況を推定して、該推定結果に従ってアダプティブアレー信号処理又はダイバーシティのいずれかの動作モードを判定する、ことを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【請求項6】前記リファレンス信号生成部は、動作モードをダイバーシティに切り替えて前記相関検出部から入力する相関検出情報から同期が取れていないと判断した場合には、あらかじめ設定された積分周期やタイミングで各受信システムからの複素デジタル信号の電力測定を行なうとともに各電力測定結果を大小比較して、値の大きい方を選択して前記相関検出部に出力して相関検出を行わしめ、同期が獲得された後に伝搬路状況の推定を開始して、アダプティブアレー信号処理又はダイバーシティに動作モードを切り替える、ことを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM 20 受信装置。

【請求項7】前記リファレンス信号生成部は、動作モードがダイバーシティの場合は、前記相関検出部から入力する相関検出情報と前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部から入力する電力測定情報と受信シンボル毎のノルム積分値とを基に、電力測定周期や測定タイミングを判定して、これらが変更する度に随時切り替えて該複素デジタル信号の電力測定を行う、ことを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【請求項8】前記リファレンス信号生成部は、動作モードが変更された場合、その直後のOFDMシンボルの境界までは引き続き変更前の動作モードで信号処理を行って並列キャリアの復調シンボルを出力し、OFDMシンボルの境界以降は変更後の動作モードで動作する、ことを特徴とする請求項1に記載のダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されたOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重) 方式の受信装置に係り、特に、信号間の相関が小さくなるように配置された複数のアンテナで受信した信号を用いるダイバーシティ受信を行うOFDM受信装置に関する。

【0002】更に詳しくは、本発明は、複数の受信信号のうち最も信号電力が強い受信信号を選択的に使用する選択的ダイバーシティ受信を行うことで小型に構成されたOFDM受信装置に係り、特に、伝搬路環境がマルチ 50

パスの場合は妨害波の除去を行うアダプティブアレー信号処理を行い、他の伝搬環境の場合は選択ダイバーシティを切り替えて行なえるようにした、ダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置に関する。

【0003】

【従来の技術】近年、携帯電話や車載電話など移动通信の普及と需要が目覚しく進展している。今や誰もが移动通信機器を使用し、社会生活上の必需品として認知されつつある。

【0004】移動伝搬環境で無線伝送を行う場合、フェージングやマルチパスによる伝送品質の劣化が特に問題となる。

【0005】無線伝送の高速化・高品質化を実現する技術として「OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重) 方式」が期待されている。OFDM方式とは、マルチキャリア (多重搬送波) 伝送方式の一種で、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように各キャリアの周波数が設定されている。情報伝送の一例は、シリアルで送られてきた情報を情報伝送レートより遅いシンボル周期毎にシリアル/パラレル変換して出力される複数のデータを各キャリアに割り当ててキャリア毎に変調を行い、その複数キャリアについて逆FFTを行うことで周波数軸での各キャリアの直交性を保持したまま時間軸の信号に変換して送信する。例えば、各キャリアはBPSK (Binary Phase Shift Keying) 変調を行うとして情報伝送速度の256分の1のシンボル周期でシリアル/パラレル変換するとキャリア総数は256となり、逆FFTは256キャリアについて行うことになる。復調はこの逆の操作、すなわちFFTを行なって時間軸の信号を周波数軸の信号に変換して各キャリアについてそれぞれの変調方式に対応した復調を行い、パラレル/シリアル変換して元のシリアル信号で送られた情報を再生するといったことで行なわれる。OFDM伝送方式は、遅延波があっても良好な伝送特性を有することが実験で確かめられている。

【0006】OFDM方式による伝送は、同じ伝送容量のシングルキャリア伝送方式に比べ、1シンボル周期が長くなるので、到来波の遅延時間差が大きなマルチパス・フェージングや選択性フェージングに対する耐フェージング特性が強いという特徴がある。しかしながら、複数の到来波で構成されるマルチパスにおいて主波に対する妨害波の遅延時間がガード・インターバル以上になった場合や主波と妨害波の電力比(D/U)が大きい場合は復調信号の誤り率が劣化し、また、到来波の遅延時間差が小さなフラット・フェージングに対しても復調信号の誤り率が劣化するといった問題がある。

【0007】マルチパスによる劣化を解決するには、妨害波の除去を行うアダプティブ・アレー信号処理が有効である。他方、フラット・フェージングによる劣化を解

決するには、信号間の相関が小さくなるように配置した複数アンテナで受信した信号を用いるダイバーシティ受信が有効である。主な方法としては、複数受信信号のうち最も信号電力の強い受信信号を選択する選択ダイバーシティ、複数受信信号をそれぞれ復調して最大比合成を行なう最大比合成ダイバーシティなどが挙げられる。

【0008】装置規模から比較すると、前者の選択ダイバーシティは受信信号を選択した後の受信系統は1つで済むが、後者の最大比合成ダイバーシティは復調までの受信系統が複数必要になるため大きくなる。また、ダイバーシティ利得から比較すると、前者の選択ダイバーシティの方が、後者の最大比合成ダイバーシティよりも2 dB程度も劣化する。このため、ダイバーシティ受信を行なう際は、所望する装置規模とダイバーシティ利得の両面から前者か後者のどちらが良いか判断する必要がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、複数の受信信号のうち最も信号電力が強い受信信号を選択的に使用する選択的ダイバーシティ受信を行うことで小型に構成された、優れたOFDM受信装置を提供することにある。

【0010】本発明の更なる目的は、装置ブロック構成を変えないで、効率的に到来波分布から伝搬路推定できるようにし、伝搬路環境がマルチパスの場合はアダプティブ信号処理を行い、他の伝搬路環境の場合は選択ダイバーシティを切り替えて行なえるようにしたダイバーシティ・アダプティブアレーを用いた、優れたOFDM受信装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面は、複数アンテナで受信したパイロット・シンボルを含んだOFDM（直交周波数多重分割）信号について到来波分布を基に伝搬路を推定する伝搬路推定手段と、該伝搬路推定結果に基づいて伝搬路環境を判定して、伝搬路環境がマルチパスの場合はアダプティブ信号処理を、他の伝搬路環境の場合は選択ダイバーシティを共通のブロックを備えた受信装置を切り替えて信号処理を行う信号処理手段と、を具備することを特徴とするダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置である。

【0012】本発明の第1の側面に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置によれば、伝搬路環境に基づいて、動作モードを動的に切り替えて、伝搬路環境がマルチパスの場合はアダプティブ信号処理を行い、他の伝搬路環境の場合は選択ダイバーシティを共通のブロックを備えた受信装置を切り替えて信号処理を行うことができる。

【0013】また、本発明の第2の側面は、複数のOFDM（直交周波数多重分割）受信信号を選択的に使用する

る選択ダイバーシティを用いたOFDM受信装置であって、受信アンテナと該受信アンテナを介して受信した信号をRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートするRF部と該ダウンコンバートされたベースバンド信号をA/D変換して複素デジタル信号に変換するデジタル変換部をそれぞれ含む複数の受信系統と、アダプティブ信号処理を行う場合は該複素デジタル信号の重み付けを行う重み計算部と、ダイバーシティを行う場合は各受信系統からの複素デジタル信号から1つを選択し、アダプティブ信号処理を行う場合は前記重み計算部により重み付けされた各複素デジタル信号の加算を行う選択合成部と、前記選択合成部が出力する複素デジタル信号を所定のFFTウィンドウ・タイミングに従ってOFDMシンボル1周期分のフーリエ変換を行って並列キャリアの受信シンボルを生成するFFT部と、前記選択合成部が出力する複素デジタル信号についてガード・インターバル部分の信号を用いて相関計算を行い、FFTウィンドウ・タイミング情報、相関信号のピーク本数、ピーク電力などからなる相関検出情報を出力する相関検出部と、各受信系統に相当する並列キャリアの受信シンボルの復調を行う復調部と、前記FFT部が出力する並列キャリア数個分のOFDMサブキャリア毎の受信シンボルからパイロット・シンボルを抽出し、伝搬路を推定するとともに該パイロット・シンボルに基づく到来波の到来角度を推定して、最も強い信号電力を持った到来波に相当するリファレンス信号を生成するリファレンス信号生成部と、各受信系統からの複素デジタル信号についてそれぞれ電力測定を行うとともに大小比較して、最も電力が大きい複素デジタル信号を取り出し、前記リファレンス信号と該取り出された複素デジタル信号により各受信系統における受信信号に対する最適重み係数をそれぞれ計算するダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部と、を具備することを特徴とするダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置である。

【0014】ここで、アダプティブ信号処理を行う場合には、前記重み計算部は、各受信系統からの複素デジタル信号について、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部により計算された最適重み係数によって重み付けを行って加算して、該加算結果を合成複素デジタル信号として前記相関検出部並びに前記FFT部に出力する。また、前記相関検出部は、ガード・インターバル区間の繰り返しパターンを用いて相関検出を行い、FFTウィンドウ・タイミング情報と相関信号のピーク本数、ピーク電力などからなる相関検出情報を生成して、該FFTウィンドウ・タイミング情報を前記FFT部に出力するとともに、該相関検出情報を前記リファレンス信号生成部に出力する。また、前記FFT部は、該FFTウィンドウ・タイミング情報に従ってOFDMシンボル毎にフーリエ変換を行って並列キャリアの受信

シンボルを生成して、前記復調部並びに前記リファレンス信号生成部に出力する。また、前記復調部は、該並列キャリアの受信シンボル毎に復調を行う。また、前記リファレンス信号生成部は、該並列キャリアの複数受信シンボルからパイロット・シンボルを抽出し、送信時におけるパイロット・シンボル系列と同じ系列を発生して双方の差分を基に受信シンボル毎にノルムを計算し、それぞれ積分を行ったノルム積分値に基づいて到来波の到来角推定を行い、その推定値と該複素デジタル信号を基にリファレンス信号を生成して、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部に出力する。また、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部は、ガード・インターバル区間毎に該複素デジタル信号と該リファレンス信号を基に重み係数を計算して前記重み計算部に出力する。

【0015】一方、ダイバーシティを行うときには、前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部は、各受信系統からの複素デジタル信号についてそれぞれ電力測定を行うとともにこれらを大小比較して、最も電力が大きい複素デジタル信号を決定してパス選択情報として前記選択合成部に出力する。また、前記選択合成部は、前記重み計算部により重み付けされていない複素デジタル信号についてパス選択情報に従ってただ1つの複素デジタル信号を選択する。そして、該複素デジタル信号についてFFTと復調、相関検出を行う。

【0016】したがって、本発明の第2の側面に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置によれば、ダイバーシティとアダプティブアレー信号処理の双方を、共通のブロック構成により実現することができる。装置規模を節約することができる。

【0017】また、前記リファレンス信号生成部は、前記相関検出部から入力する相関検出情報と前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部から入力する電力測定情報と該受信シンボル毎のノルム積分値とを基にOFDMシンボル単位に到来波数、到来波電力、電力変動の時間推移などからなる伝搬路パラメータを求めて、該伝搬路パラメータに基づいて伝搬路状況を推定して、該推定結果に従ってアダプティブアレー信号処理又はダイバーシティのいずれの動作モードかを判定するようにしたので、伝搬路状況に応じてダイバーシティとアダプティブアレー信号処理を切り替えて行うことができる。

【0018】また、前記リファレンス信号生成部は、動作モードをダイバーシティに切り替えて前記相関検出部から入力する相関検出情報から同期が取れていないと判断した場合には、あらかじめ設定された積分周期やタイミングで各受信系統からの複素デジタル信号の電力測定を行なうとともに各電力測定結果を大小比較して、値の大きい方を選択して前記相関検出部に出力して相関検出を行わしめる一方、同期が獲得された後に伝搬路状況の推定を開始して、アダプティブアレー信号処理又はダ

イバーシティに動作モードを切り替えるようにしたので、同期獲得までの信号処理の効率化を図ることができる。

【0019】また、前記リファレンス信号生成部は、動作モードがダイバーシティの場合は、前記相関検出部から入力する相関検出情報と前記ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部から入力する電力測定情報と受信シンボル毎のノルム積分値とを基に、電力測定周期や測定タイミングを判定して、これらが変更する度に随時切り替えて該複素デジタル信号の電力測定を行うようにしたので、ダイバーシティの電力測定を伝搬路の状況に応じて行うことができる。

【0020】また、前記リファレンス信号生成部は、動作モードが変更された場合、その直後のOFDMシンボルの境界までは引き続き変更前の動作モードで信号処理を行って並列キャリアの復調シンボルを出力し、OFDMシンボルの境界以降は変更後の動作モードで動作するようにしたので、動作モードが切り替わった場合でも、データ系列が途切れることなくOFDMシンボルを復調することができる。

【0021】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を詳解する。

【0023】本発明に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置の説明を行なう前に、OFDM信号を送信するOFDM送信装置の一例の概略構成について、図1を参照しながら説明する。

【0024】図1に示すように、OFDM信号送信装置100は、変調部101と、パイロット・シンボル挿入部102と、シリアル/パラレル変換部103と、IFFFT部104と、ガード区間挿入部105と、アナログ変換部106と、RF部107と、送信アンテナ108と、送信制御部109を備えている。

【0025】変調部101は、送信データを入力すると、送信制御部109から供給される変調情報とタイミングに従って変調を行なって、変調シンボルをシリアルに出力する。

【0026】パイロット・シンボル挿入部102は、送信制御部109から入力するパイロット・シンボル挿入パターン並びにタイミングに従って、既知のデータ系列をパイロット・シンボルとして変調シンボル系列に挿入する。

【0027】シリアル/パラレル変換部103は、送信制御部109から入力する並列キャリア数並びにタイミングに従って、シリアル・データを並列キャリア数分のパラレル・データに変換する。

【0028】IFFFT部104は、送信制御部109か

ら入力するFFTサイズ並びにタイミングに従って、FFTサイズ分の逆フーリエ変換を行なう。

【0029】ガード区間挿入部105は、送信制御部109から入力するガード・インターバル・サイズ、ガード・バンド・サイズ、並びにタイミングに従って、ガード・インターバル、ガード・バンドといったガード信号を挿入する。

【0030】ガード信号が挿入されたデジタル送信信号は、アナログ変換部106で直交変調、並びにA/D変換され、送信RF部107によってアップコンバートされて、送信アンテナ108から送信される。

【0031】本発明に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置は、例えば、上述したOFDM送信装置100から送信されたOFDM信号を受信することができるものである。以下では、本発明に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを適用したOFDM受信装置であって、OFDM受信装置の2本の受信アンテナを用いた場合の装置構成並びにその動作特性について、図面を参照しながら説明する。

【0032】図2には、本発明の1つの実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200の構成を概略的に示している。

【0033】同図に示す本ダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200は、2系統の受信アンテナを備えており、それぞれ搬送波周波数の1/2波長だけ離して設置したULA構成を採用している。したがって、到来波が平面波とした場合アンテナ垂直方向から、到来角 θ_1 、 θ_2 を持つ2波の到来波の分離が可能である。また、2本のアンテナによる選択ダイバーシティを行うことができる。

【0034】図2において、参照番号201並びに202は受信アンテナである。各受信アンテナで受信された信号は、それぞれRF部203、204によってRF周波数帯からベースバンド信号にダウンコンバートされる。

【0035】デジタル変換部205、206は、それぞれのRF部203、204によってダウンコンバートされたアナログ・ベースバンド信号をA/D変換器と直交検波器により複素デジタル信号に変換して出力する。

【0036】バッファ207、208は、それぞれデジタル変換部205、206から出力される複素デジタル信号を一時的記憶して、適切なタイミングで出力する。

【0037】重み計算部209、210は、ダイバーシティを行う場合には、各バッファ207、208から入力する複素デジタル信号について処理を行わない。他方、アダプティブアレー信号処理を行う場合には、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216（後述）によって設定された重み係数 W_1 、 W_2 と各複素デジタル信号との複素乗算を行ってその結果を出力する。

【0038】選択合成部211は、ダイバーシティ時に

はダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216（後述）より送られてくるダイバーシティ・アダプティブアレー情報に従って上記した2つの受信系統のうち最適と判定された複素デジタル信号を選択し、アダプティブアレー信号処理を行う場合には重み計算部209、210から入力する重み付けされた複素デジタル信号を加算する。

【0039】FFT部212は、選択合成部211から入力する選択合成された複素デジタル信号についてフーリエ変換を行って、並列キャリア数分の受信シンボルを出力する。

【0040】相関検出部213は、選択合成部211から入力する選択合成された複素デジタル信号について相関検出を行って、FFTウィンドウ・タイミング情報と相関検出結果を出力する。

【0041】復調部214は、FFT部212から入力する並列キャリア数分の受信シンボルについて復調を行って、復調データを出力する。

【0042】リファレンス信号生成部215は、FFT部212から入力する並列キャリア数分の受信シンボルからパイロット・シンボルを抽出して、該パイロット・シンボルを基に到来波の到来角度（DOA：Direction Of Array）を推定して、アダプティブアレー信号処理の基準となるリファレンス信号を生成する。

【0043】ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216は、相関検出部213から送られてくる相関検出情報とリファレンス信号生成部215から入力する到来波検出情報を基に動作する。より具体的には、ダイバーシティを行う場合には、各バッファ207、208から入力する複素デジタル信号それぞれの電力をあらかじめ設定した周期分測定を行って比較して電力の大きい方を選択してパス選択情報とする。また、アダプティブアレー信号処理を行う場合は、該リファレンス信号と該複素デジタル信号とにより各アンテナ201、202からの受信信号のそれぞれに対する最適重み係数を計算して、それぞれの最適重み係数 W_1 、 W_2 として出力し、さらに上記のパス選択情報やダイバーシティあるいはアダプティブアレー信号情報といった制御情報をアダプティブアレー制御情報として出力する。

【0044】このように構成されたダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置の動作特性について、以下に説明する。

【0045】各受信アンテナ201、202で受信された信号は、各RF部203、204でそれぞれのベースバンド信号に変換された後、デジタル変換部205、206に出力される。

【0046】デジタル変換部205、206は、A/D変換器と直交検波器によって各受信アンテナ201、202に対応するベースバンド複素デジタル信号を生成して、それぞれのバッファ207、208に出力す

る。

【0047】各バッファ207、208に記憶されたベースバンド複素デジタル信号は、それぞれの出力タイミングに従って、重み計算部209、210、リファレンス信号生成部215、並びに、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216に入力される。

【0048】重み計算部209、210は、ダイバーシティを行う場合には、それぞれのバッファ207、208から入力する各複素デジタル信号について処理を行わない。また、アダプティブアレー信号処理を行う場合には、それぞれのバッファ207、208から入力する各複素デジタル信号1〜2について、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216で計算されたそれぞれの重み係数 W_1 、 W_2 の乗算を行って複素デジタル信号1'、2'として出力する。

【0049】選択合成部211はダイバーシティ・アダプティブアレー選択部216より送られてくるダイバーシティ・アダプティブアレー情報に従って、ダイバーシティを行う場合にはダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216で複素デジタル信号1〜2の電力測定結果から受信電力が大きいと判定された複素デジタル信号1'又は2'のうち一方を選択する。また、アダプティブアレー信号処理を行う場合には、各重み計算部209、210から入力するベースバンド複素デジタル信号1'並びに2'の加算を行い、選択合成された複素デジタル信号として出力される。

【0050】この選択合成された複素デジタル信号は、FFT部212によってOFDMシンボル1周期分入力する毎にフーリエ変換が行われて並列キャリア数分の受信シンボルが生成されて、復調部214とリファレンス信号生成部215に出力される。復調部214ではキャリア毎に復調を行い、復調データを出力する。

【0051】また、選択合成された複素デジタル信号は、相関検出部213においてガード・インターバル区間の繰り返しパターンを利用して相関検出が行われ、FFTウィンドウ・タイミング情報と、相関信号のピーク本数、該ピーク電力といった相関検出情報が生成される。前者のFFTウィンドウ・タイミング情報はFFT部212に入力され、後者の相関検出情報はリファレンス信号生成部215に入力される。

【0052】リファレンス信号生成部215は、同期が確立してFFTが正常に動作を始めた後は、並列キャリア数分の受信シンボルからパイロット・シンボルを抽出して、送信装置で挿入されたパイロット・シンボル系列と同じ系列を発生して双方の差分を基にノルムを計算し、OFDMシンボル1個分のノルムについて積分を行う。このノルム計算結果と相関検出部213から送られてくる相関検出情報を基に、伝搬路がマルチパス環境か否かといった伝搬路推定を行う。伝搬路推定の結果、マルチパス環境と判断された場合には、1 OFDMシンボ

ル毎にその積分値に基づいて、到来波の到来角度(DOA: Direction Of Array)を推定して、その推定値と各バッファ207、208から入力する複素デジタル信号をOFDMシンボル1周期分だけ遅らせた信号を基に、最も強い電力を持った到来波に相当するリファレンス信号を生成する。他方、マルチパス環境ではないと判断された場合には、上述のDOA推定とリファレンス信号の生成を行わない。

【0053】リファレンス信号と上述の伝搬路推定結果やリファレンス信号生成状況といった到来波情報は、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216に出力される。

【0054】ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216では、各バッファ207、208から入力するそれぞれの複素デジタル信号について電力の積分ダンブをあらかじめ定められた周期について行う。リファレンス信号生成部215から入力する到来波情報と該電力測定結果を基にフラット・フェージング環境と判定された場合には、該電力測定結果について比較を行い、上述した2つの受信系統から受信電力の大きい方を選択するといった比較情報を決定する。また、マルチパス環境と判断された場合には、該複素デジタル信号のうちガード・インターバル区間に相当する部分について相関行列 R_{xx} とその逆行列 R_{xx}^{-1} をリファレンス信号生成部215から入力するリファレンス信号と複素デジタル信号を基に相関ベクトル r_{xx} を計算し、逆行列 R_{xx}^{-1} と相関行列 R_{xx} の積を取ることで最適ウエイト W_{opt} を計算する。最適ウエイトは重み係数 W_1 、 W_2 として各重み計算部209、210に出力され、ガード・インターバル区間毎に更新される。

【0055】本実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーによる信号処理は、図3、図4、図5、並びに図6の各図により概略構成が示したダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216、積分ダンブ部303、リファレンス信号生成部215、並びに選択合成部211の各機能モジュールにおける協働的動作によって実現される。以下、図面を参照しながら、各機能モジュールの概略的な構成並びに動作特性について説明する。

【0056】図3は、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216の概略的な構成を示したブロック図である。

【0057】同図において、参照番号301は、各バッファ207、208から入力する複素デジタル信号1〜2をそれぞれベクトル型に変換するベクトル生成部である。

【0058】また、参照番号302は、ベクトル生成部301から入力するベクトル型複素デジタル信号から相関行列 R_{xx} を計算する相関行列計算部である。

【0059】また、参照番号303は、相関行列 R_{xx} の

10

20

30

40

50

各要素について、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号制御部310から送られてくるゲイン、積分回数、積分及びダンプ・タイミングに従って積分ダンプを行う積分ダンプ部である。

【0060】また、参照番号304は、積分ダンプ部303から送られてくる相関行列 R_{xx} からその逆行列 R_{xx}^{-1} を計算する逆行列計算部である。

【0061】また、参照番号305は、このベクトル型複素ディジタル信号とダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216から入力するリファレンス信号を10 10を計算する相関ベクトル計算部である。

【0062】また、参照番号306はこの相関ベクトル r_x の各要素について、アダプティブアレー信号制御部310から送られてくるゲイン、積分回数、積分及びダンプ・タイミングに従って積分ダンプを行う積分ダンプ部である。

【0063】また、参照番号307は、各受信アンテナ201、202で受信した受信信号に対応する最適ウェイト W_{opt} を計算する重み決定部である。

【0064】また、参照番号308は、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部310から送られてくる電力測定周期毎に、ベクトル生成部301から入力するベクトル型複素ディジタル信号の電力測定を行う電力測定部である。

【0065】また、参照番号309は、ダイバーシティを行う場合は、ベクトル型複素ディジタル信号の電力測定結果について比較を行い、受信アンテナ201又は202のうち電力が大きい方を選択して、その結果を前記10 30バス選択情報としてダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理制御部310に出力する比較部である。

【0066】ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理制御部310は、リファレンス信号生成部215から入力する到来波検出情報を基に、各ブロックの係数及び動作タイミングの制御を行い、上述のバス選択情報や電力測定結果といった制御情報をダイバーシティ・アダプティブアレー制御情報として他の機能モジュールに出力する。

【0067】図4には、図3中の積分ダンプ部303、306の概略的な構成を示している。同図中の参照番号401は、制御信号として送られてきたリセット又はダンプ・タイミングの場合は0を、それ以外の場合はゲイン部402から入力するデータを選択するセレクタである。

【0068】ゲイン部402は、遅延部403から入力するデータを制御信号で送られてきたゲイン設定値で増幅する。また、遅延部403は、加算部404から入力するデータを記憶する。

【0069】加算部404は、セレクタ401から送られてくるデータと外部から送られてくる入力データの加10 50

算を行う。

【0070】記憶部405は、制御信号として送られてきたダンプ・タイミングに従って、加算部404から送られてくるデータのラッチを行ってダンプ値を出力する。

【0071】図5には、図2に示したリファレンス信号生成部215の概略的な構成を示している。同図中の参照番号501は、OFDM送信装置(図1を参照のこと)のパイロット・シンボル挿入部102で生成されるパイロット・シンボル系列と同じ系列 p_{tx} を発生するパイロット信号生成部である。

【0072】また、参照番号502は、パイロット信号生成部501で発生した送信パイロット・シンボル系列 p_{tx} とFFT部212から入力する受信シンボルから抽出した受信パイロット・シンボル系列 p_{rx} とのノルムを計算するノルム計算部である。

【0073】また、参照番号503は、リファレンス信号生成制御部509(後述)から送られてくるゲイン、積分回数、積分及びダンプ・タイミングに従って積分ダンプを行う積分ダンプ部である。

【0074】また、参照番号504は、積分ダンプ部503から入力するノルムの積分結果とリファレンス信号生成制御部509から送られてくる到来波方向判定閾値との比較を行う比較部である。

【0075】また、参照番号505は、比較部504における比較結果を基に、到来波方向DOA $[\theta_1, \theta_2]$ の値を設定する到来方向設定部である。

【0076】また、参照番号506は、各バッファ207、208から入力するそれぞれの複素ディジタル信号1~2を記憶し、リファレンス信号生成制御部509から送られてくるタイミングに従って出力する遅延部である。

【0077】また、参照番号507は、上述の到来方向設定部505から入力する到来波方向DOA $[\theta_1, \theta_2]$ と、遅延部506から送られてくる各複素ディジタル信号1~2とを基に、リファレンス信号を生成するリファレンス信号計算部である。

【0078】また、参照番号508はリファレンス信号生成制御部であり、相関検出部213から入力する相関検出情報とダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216から入力する複素ディジタル信号の電力測定結果といったダイバーシティ・アダプティブアレー情報、ノルム生産部502から入力するノルム計算値からマルチパス環境か否かといった伝搬路情報を基に、各ブロックの係数及び動作タイミングの制御を行ったり、あるいは、到来方向推定の有無や推定精度といった到来波検出情報などの情報を出力する。

【0079】図6には、選択合成部211の概略的な構成を示している。同図において、参照番号601は、アダプティブアレー信号処理が行われている場合には、各

重み計算部209、210から入力する複素デジタル信号1'、2'を加算する加算部である。

【0080】また、参照番号602は、ダイバーシティが行われている場合、選択合成制御部604から送られてくる選択信号に基づいて、上述の複素デジタル信号1'、2'のうちどちらか一方を選択する選択部である。

【0081】また、参照番号603は、アダプティブアレー信号処理が行われている場合は、加算部601によって加算された信号を出力する一方、ダイバーシティが行われている場合は選択部602によって選択された信号を出力するセレクタである。

【0082】次いで、このように構成されたダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216並びにリファレンス信号生成部215の動作特性について説明する。

【0083】図7には、ダイバーシティを行う場合におけるダイバーシティ信号処理タイミング例を示している。また、図8にはアダプティブアレー信号処理を行う場合におけるアダプティブアレーによる信号処理タイミング例を示している。

【0084】以下の説明では、本実施形態におけるOFDM信号の構成は、図7並びに図8の複素デジタル信号で示すように、OFDMシンボル D_n とOFDMシンボル後半部分のサンプルをガード間隔分だけコピーしたガード・インターバル G_n とで構成され、それぞれ G_n 、 D_n の順に伝送されるものとする（但し、 $n=1, 2, \dots, N$ ）。ここで、 T_g はガード・インターバル長[sec]であり、 T_s はOFDMシンボル1周期[sec]である。また、これらのタイミング例では、送受信間のクロック誤差、周波数オフセットはないものとする。

【0085】ダイバーシティ信号処理は、動作モードがダイバーシティの場合に実行される。図7(a)～(d)に示す電力測定タイミング例は、図3で構成を示したダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216内において、電力測定部308と比較部309を用いて行われる選択ダイバーシティにおけるパス選択情報を求める過程について示したものである。

【0086】図7(a)には初期同期時の電力測定タイミングを示している。初期同期時には正しいFFTウィンドウが検出されていないので、積分周期、積分タイミングは同図中の $T_s(1) \sim T_s(2)$ に示したように、あらかじめ定められた初期値を用いて電力測定と比較を行なって、電力測定部308と比較部309を用いて行われる選択ダイバーシティにおけるパス選択情報を求める。そして、このパス選択情報を基に、選択部602において複素デジタル信号1'又は2'のうち電力測定結果の大きい方の受信信号を選択して、セレクタ603からFFT部212に選択合成された複素デジタル信号を出力する。

【0087】同期獲得に成功した場合、相関検出部21

3から同期獲得情報がリファレンス信号生成部215へ出力され、この結果、電力測定タイミングは同図中の $T_s(3) \sim T_s(5)$ に示すようにFFTウィンドウの境界と一致するように変更される。以後、電力測定はFFTウィンドウの先頭から行なうようにする。この過程における電力測定部308の電力測定タイミングは図7(a)中の $c1 \sim c5$ に示すようになる。

【0088】図7(b)には、FFTサイズ変更時の電力測定タイミングを示している。ここでは電力測定はOFDM信号周期分だけ行われるものとし、また、FFTサイズ切り替えタイミングが既知であるとする。

【0089】図7(b)で示す例では、 $T_s(n) \sim T_s(n+1)$ の区間に相当するOFDM信号周期1で送信された信号が、2倍のFFTサイズ $T_s(n+2) \sim T_s(n+4)$ を持つOFDM信号周期2に切り替えられたことを示している。より具体的には、 $T_s(0) \sim T_s(1)$ 並びに $T_s(1) \sim T_s(2)$ がFFTサイズ切り替え前のOFDMシンボルに相当し、 $T_s(2) \sim T_s(4)$ 並びに $T_s(4) \sim T_s(6)$ が切り替え後のOFDMシンボルに相当する。

【0090】電力測定タイミングは、FFTサイズ切り替え情報が得られた次のOFDM信号周期の先頭、すなわち図7(b)の $T_s(2)$ 以降から、それまでOFDM信号周期1で行っていた電力測定がOFDM信号周期2の区間で行なわれるようになる。この過程における電力測定タイミングは、図7(b)の $c1 \sim c4$ に示す通りとなる。

【0091】図7(c)は、ガード・インターバル除去の電力測定タイミングを示している。OFDM信号周期の $1/4$ など、長いガード・インターバルが設定された場合、あるいは伝送品質の変動が大きい場合は、FFTウィンドウ外のガード・インターバル区間の電力を積分範囲から除去する方がより高い精度電力測定を行うことができる。図7(c)で示す例では、電力測定をガード・インターバルを含んだ周期からガード・インターバル部分を除去した周期へと切り替える場合を示している。

【0092】図7(c)に示す複素デジタル信号において、 $T_s(0) \sim T_s(2)$ に示す区間ではガード・インターバルを含んだ電力測定が行われ、続く $T_s(2) \sim T_s(5)$ に示す区間ではガード・インターバルを除いた電力測定が行われている。同図に示す例では、ガード・インターバルに相当する部分ではリセット信号が設定されている。この過程における電力測定タイミングは、図7(c)の $c1 \sim c4$ に示す通りとなる。

【0093】図7(d)には、フラット・フェージング環境における伝送品質情報をういた電力測定タイミングの一例を示している。この場合の電力測定は、図7

(c)に示した場合において任意のタイミングで電力測定周期を切り替える過程を示しており、周波数歪みの伴わないフラット・フェージング環境で有効である。同図

に示す複素デジタル信号において、電力測定は $T_s(0) \sim T_s(2)$ に示す区間ではOFDM信号周期の1周期で電力測定が行われ、続く $T_s(2) \sim T_s(5)$ に示す区間ではOFDM信号周期の1/2周期で電力測定が行われる。これは、フラット・フェージングにおいてドップラ周波数が小さい場合から大きい場合に変化した場合などに相当する。この過程における積分ダンプ部の積分周期タイミングは図7(d)のc1~c9に示すとおりとなる。

【0094】一方、アダプティブアレー信号処理は動作モードがアダプティブアレーの場合に実行される。

【0095】複素デジタル信号 $[a-1]$ を受信した場合、 $[a-2]$ のような1 OFDMシンボル遅延信号を遅延器によって生成する。そして、 $[a-1]$ と $[a-2]$ の相関を取った場合、 $T_s(n) \sim T_s(n)$ の区間では両者は同じパターンとなることから、相関検出を行うことができる。相関検出部213では、この区間 $T_s(n) \sim T_s(n)$ を相関検出実行区間として相関検出を行い、FFTウィンドウ・タイミング情報と相関信号のピーク本数、該ピーク電力といった相関検出情報を求めている。

【0096】ノルムの積分 $[a-3]$ は、区間 $T_s(n-1) \sim T_s(n)$ で行われ、時刻 $T_s(n)$ で積分値がダンプされる。図8に示す例では毎回ノルムの計算を行っているが、ノルムの計算は、相関検出部213からの情報に従って初期同期獲得後、あるいはマルチパス検出、到来波の到来角の変動といった状況が観測された場合に行われることから、常時ノルムの計算を行う必要はない。

【0097】2波のマルチパスを想定し、それぞれの到来角度を θ_1, θ_2 としたとき、ダンプされる積分値 $n_sum[\theta_1, \theta_2]$ は次式で与えられる。

【0098】

【数1】

$$n_sum[\theta_1, \theta_2] = \sum_{j=1}^{i_{max}} \|p_{tx}(i) - p_{rx}(i)\|$$

【0099】ここで、 i_{max} は1 OFDMシンボル内のパイロット・シンボル総数であり、 $p_{tx}(i)$ は送信パイロット・シンボル系列であり、 $p_{rx}(i)$ は受信パイロット・シンボル系列である。また、ノルムは、図9に示したように、送信パイロット・シンボルと受信パイロット・シンボルとの距離に相当する。

【0100】ノルムの積分結果 $n_sum[\theta_1, \theta_2]$ がダンプされると、あらかじめ設定された閾値との比較、あるいは最急降下法といった収束アルゴリズムを用いて到来波の到来角推定を行う。その結果、到来角推定の判定条件を満たした場合は該当する到来角 θ_1, θ_2 を推定結果として更新する。

【0101】図8のリファレンス信号の更新 $[a-4]$ では、各時刻でダンプされた $n_sum[\theta_1, \theta_2]$ であるノルム1~4についてそれぞれ到来角推定を行っており、そのうちノルム1とノルム3について到来角推定の判定条件を満たしたことを示している。この場合、該当する到来角はDOA1とDOA3に更新されている。一方、ノルム2については、到来角推定の判定条件を満たさなかったことから前回設定された到来角DOA1を用いることを示している。

【0102】到来角が更新された場合、更新された次のタイミングの相関検出実行区間からその値が使用される。図8の $[a-4]$ においては、更新されたDOA1とDOA3はそれぞれ時刻 $T_s(2)$ 並びに $T_s(4)$ から使用される。

【0103】リファレンス信号は、設定された到来角DOAと図8の $[a-2]$ で示した1 OFDMシンボル遅延信号のガード・インターバル区間について生成される。すなわち図7では $T_s(n) \sim T_s(n)$ の区間の G_n' について行われる。

【0104】また、リファレンス信号は次のように求めることができる。すなわち、到来波ベクトルを $s = [s_1, s_2]$ とし、1 OFDMシンボル遅延した複素デジタル信号で構成される信号ベクトルを $x(t - T_s) = [x_1, x_2]$ 、到来波の到来角 θ_1, θ_2 で表されるステアリング行列をAとして雑音の影響はないと仮定すると、以下の式が成り立つ。

【0105】

【数2】

$$x = As$$

【0106】また、リファレンス信号を $r_{ref} = s_1$ とすると、 s_1 は次式で与えられる。

【0107】

【数3】

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

【0108】このように到来角 θ_1, θ_2 が決定されると、1 OFDMシンボル遅延信号を用いてリファレンス信号 r_{ref} を計算することができる。

【0109】アダプティブアレー信号処理は相関検出実行区間毎に入力するリファレンス信号を用いて行われる。ここでは、受信信号に対する最適ウエイト W_{opt} を計算して重み係数 W_1 と W_2 の更新を行う。例えば、図8において $T_s(2)$ で決定された到来角DOA1に対応するリファレンス信号 r_{ref} を用いたアダプティブアレー信号処理は、 $[a-5]$ の区間C2で行われる。最適ウ

エイト W_{opt} は、複素デジタル信号で構成される信号ベクトル x から求まる相関行列 $R_{xx} = E[x(t)x^H(t)]$ の逆行列 R_{xx}^{-1} と相関ベクトル $r_{co} = E[x(t)r_{co}^H(t)]$ について、それぞれ相関検出実行区間にわたって積分し、1区間分の積分を行った後、すなわち $T_d(n)$ のタイミングで次式に従って計算される。

【0110】

【数4】

$$W_{opt} = R_{xx}^{-1} r_{co}$$

【0111】最適ウエイト W_{opt} はアダプティブアレー信号処理が実行されている間は相関検出実行区間 $T_d(n) \sim T_d(n)$ 毎に重み係数の計算が行われ時刻 $T_d(n)$ で更新され、それ以降の重み係数として用いられ複素デジタル信号に対する重み計算が行われる。このようにして一度更新された最適ウエイトは、次に値が更新されるまで保持される。

【0112】最適ウエイト W_{opt} は、アダプティブアレー信号処理が実行されている間は相関検出実行区間 $T_d(n) \sim T_d(n)$ 毎に重み係数の計算が行われ、時刻 $T_d(n)$ で更新され、それ以降の重み係数として用いられ複素デジタル信号に対する重み計算が行われる。このようにして一度更新された最適ウエイトは、次に値が更新されるまで保持される。

【0113】次に、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理の動作モードを設定するための処理手順について、図10に示したフローチャートを参照しながら説明する。ここでは、電源投入時、スリープ・モード直後や同期外れ後の信号の再同期を行う場合を受信開始として、ダイバーシティあるいはアダプティブアレー信号処理といった動作モードの設定と切り替え手順について示している。

【0114】まず、ステップS1において、相関検出部213は、相関検出を実行して、相関検出情報を未検出として出力する。また、リファレンス信号生成部215は、動作を行わず、到来波情報を未検出として出力する。また、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216は、各受信系統の複素デジタル1～2についてそれぞれ電力測定を行うとともに両者を大小比較して、大きい方をバス選択信号とする。また、動作モードをダイバーシティとして、バス選択情報とともにダイバーシティ・アダプティブアレー制御情報として出力する。

【0115】次いで、ステップS2では、同期獲得できたか否かを判別する。同期を獲得できなかった場合は、上述のステップS1に復帰する。また、同期獲得できた場合には、後続のステップS3に進む。

【0116】ステップS3では、相関検出部213は、

相関検出した初期同期タイミングを基に、FFTウィンドウ・タイミング情報と相関信号のピーク本数やピーク電力を相関検出情報として出力する。また、リファレンス信号生成制御部508は、この相関検出情報を基に、伝搬路環境を推定する。

【0117】次いで、ステップS4では、推定された伝搬路がマルチパス環境か否かを判定する。

【0118】伝搬路がマルチパス環境ではないと判定された場合には、ステップS5に進む。この場合、リファレンス信号生成部215は、リファレンス信号生成を行い、伝搬路がマルチパス環境でないことを到来波情報として出力する。また、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216は、各受信系統からの複素デジタル信号1～2についてそれぞれ電力測定を行うとともに両者を大小比較して、大きい方をバス選択情報とする。また、動作モードをダイバーシティとして、バス選択情報とともにダイバーシティ・アダプティブアレー制御情報として出力する。

【0119】他方、伝搬路がマルチパス環境であると判定された場合には、ステップS6に進む。この場合、リファレンス信号生成部215は、リファレンス信号生成を行い、伝搬路がマルチパス環境であることを到来波情報として出力する。また、ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216は、動作モードをアダプティブアレーとして信号処理を行い、この動作モードをダイバーシティ・アダプティブアレー情報として出力する。

【0120】次いで、ステップS7では、相関検出部213は、相関検出した相関信号のピーク本数やピーク電力を相関検出情報として出力する。また、リファレンス信号生成部215は、動作モードに拘わらず、ノルム計算部502でノルムの計算を行う。また、リファレンス信号生成制御部5008は、ノルムの計算結果と相関検出情報を基に、伝搬路環境を推定する。

【0121】本明細書では、受信アンテナを2本持つ場合を例にとって説明したが、さらに、3本以上の受信アンテナを用いた場合でも、上述したような2本の受信アンテナによる受信系を受信アンテナ個分に拡張して実現することができる。すなわち、図2に示す受信アンテナ、RF部、デジタル変換部、バッファ、重み計算部を受信アンテナに相当する数だけ備え、リファレンス信号生成部とアダプティブアレー処理部では受信アンテナ数分の最適ウエイト設定に必要な計算を行えるようにすれば、同様に本発明の作用効果を相することが可能である。アンテナ数を増やすことで、ダイバーシティ受信はフェージングによる落ち込み区間を受信する確率の低減が図れる。また、アダプティブアレー信号処理は最適ウエイト計算の処理量は増大するが、到来波方向推定可能な到来波数が増加することから分解能の向上を図ることができる。

【0122】[追補]以上、特定の実施例を参照しながら

ら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。すなわち、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【0123】

【発明の効果】以上詳記したように、本発明によれば、装置ブロック構成を変えないで、効率的に到来波分布から伝搬路推定できるようにし、伝搬路環境がマルチパスの場合はアダプティブ信号処理を行い、他の伝搬環境の場合は選択ダイバーシティを切り替えて行なえるようにしたダイバーシティ・アダプティブアレーを用いた、優れたOFDM受信装置を提供することができる。

【0124】本発明に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置によれば、ダイバーシティとアダプティブアレー信号処理を共通のブロック構成により実現することができ、装置構成を簡素化することができる。

【0125】また、本発明に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置によれば、伝搬路状況に応じてダイバーシティとアダプティブアレー信号処理を切り替えて行うことができ、マルチパスによる劣化の問題を解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】OFDM信号を送信するOFDM送信装置の一例の概略構成を示した図である。

【図2】本発明の1つの実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200の構成を概略的に示した図である。

【図3】本発明の1つの実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200の構成要素であるダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部216の概略的な構成を示した図である。

【図4】本発明の1つの実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200の構成要素である積分ダンブ部の概略的な構成を示した図である。

【図5】本発明の1つの実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200の構成要素であるリファレンス信号生成部215の概略的な構成を示した図である。

【図6】本発明の1つの実施形態に係るダイバーシティ・アダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200の構成要素である選択合成部211の概略的な構成を示した図である。

【図7】本発明の1つの実施形態に係るアダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200における電力測定タイミング例を示した図である。

【図8】本発明の1つの実施形態に係るアダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200におけるアダプティブアレー信号処理タイミング例を示した図である。

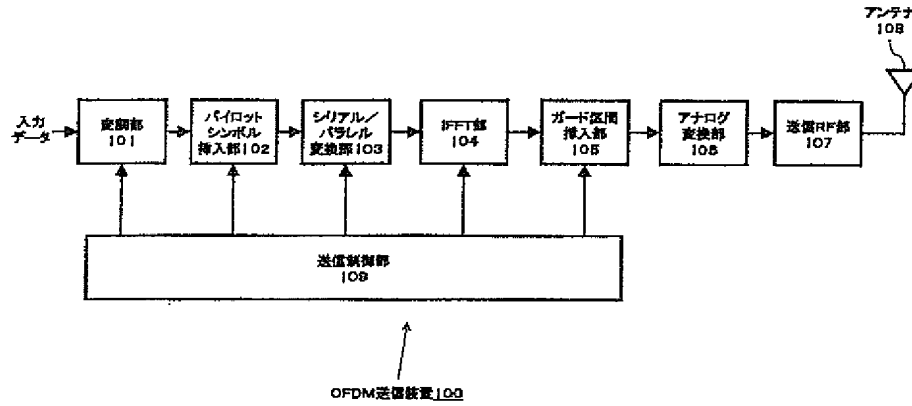
【図9】本発明の1つの実施形態に係るアダプティブアレーを用いたOFDM受信装置200におけるノルムのイメージを示した図である。

【図10】本発明の1つの実施形態に係るアダプティブアレーを用いたOFDM受信装置におけるダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理の動作モードの設定手順を示したフローチャートである。

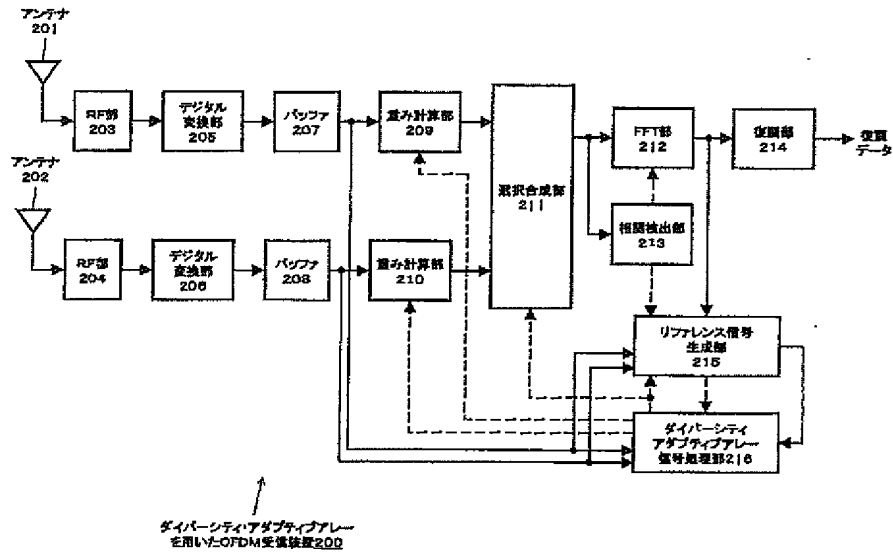
【符号の説明】

100…OFDM信号送信装置
101…変調部、102…パイロット・シンボル挿入部
103…シリアル/パラレル変換部、104…IFFT部
105…ガード区間挿入部、106…アナログ変換部
107…RF部、108…送信アンテナ
109…送信制御部
201、202…受信アンテナ
203、204…RF部
205、206…デジタル変換部
207、208…バッファ
209、210…重み計算部
211…選択合成部、212…FFT部
213…相関検出部、214…復調部
215…リファレンス信号生成部
216…ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理部
301…ベクトル生成部、302…相関行列計算部
303…積分ダンブ部、304…逆行列計算部
305…相関ベクトル計算部、306…積分ダンブ部
307…重み決定部、308…電力測定部
309…比較部
310…ダイバーシティ・アダプティブアレー信号処理制御部
401…セレクト、402…ゲイン部
403…遅延部、404…加算部、405…記憶部
501…パイロット信号生成部、502…ノルム計算部
503…積分ダンブ部、504…比較部
505…DOA設定部、506…遅延部
507…リファレンス信号計算部
508…リファレンス信号生成部
601…加算部、602…選択部
603…セレクト、604…選択合成部

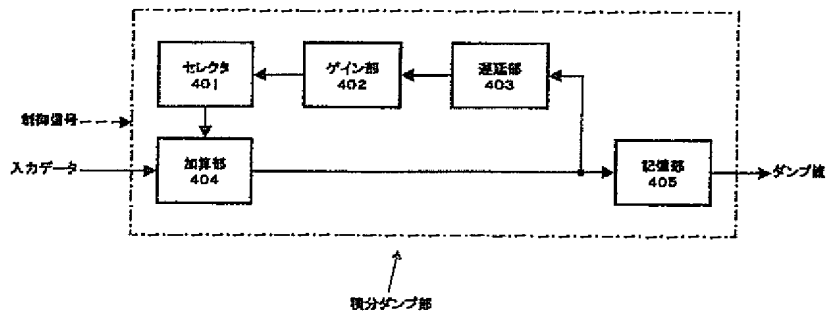
【図1】



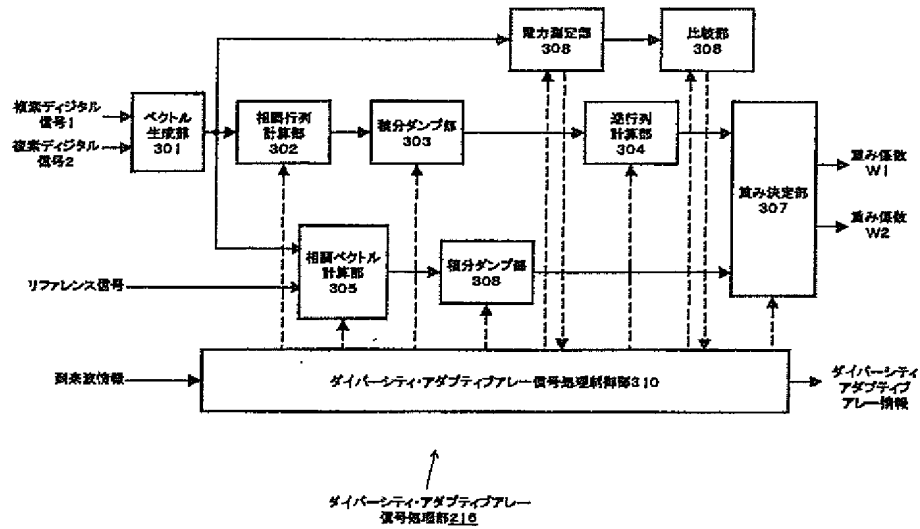
【図2】



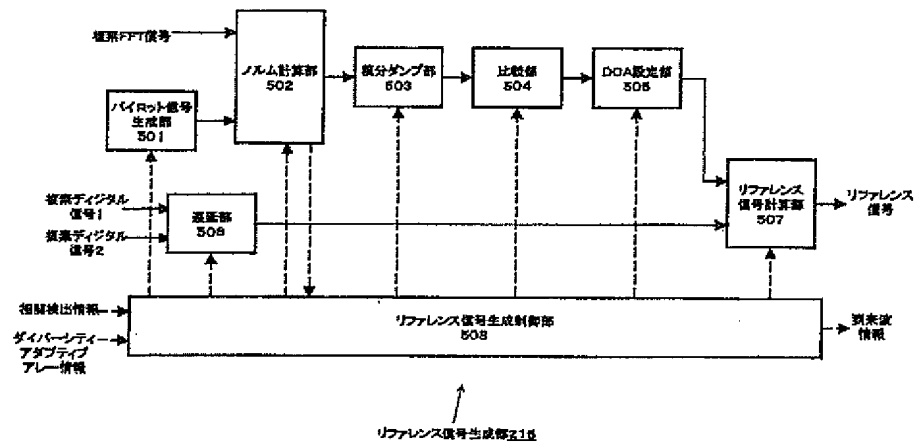
【図4】



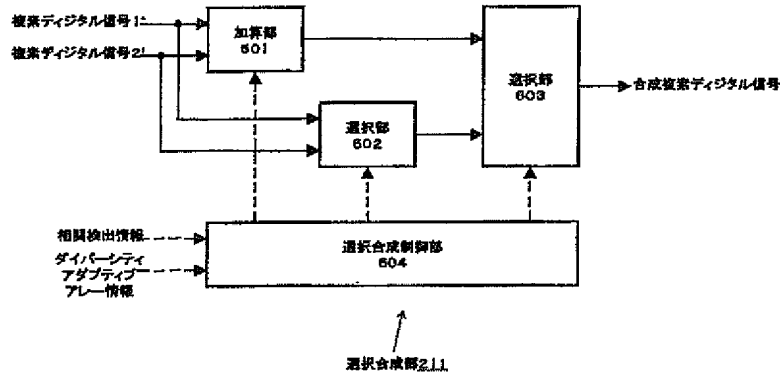
【図3】



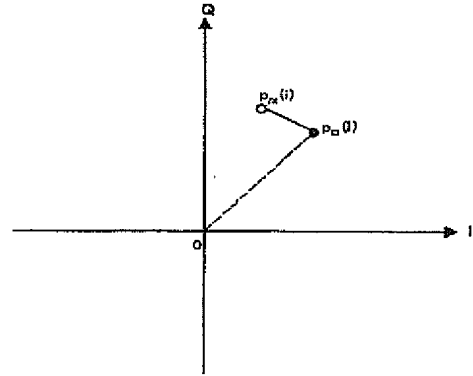
【図5】



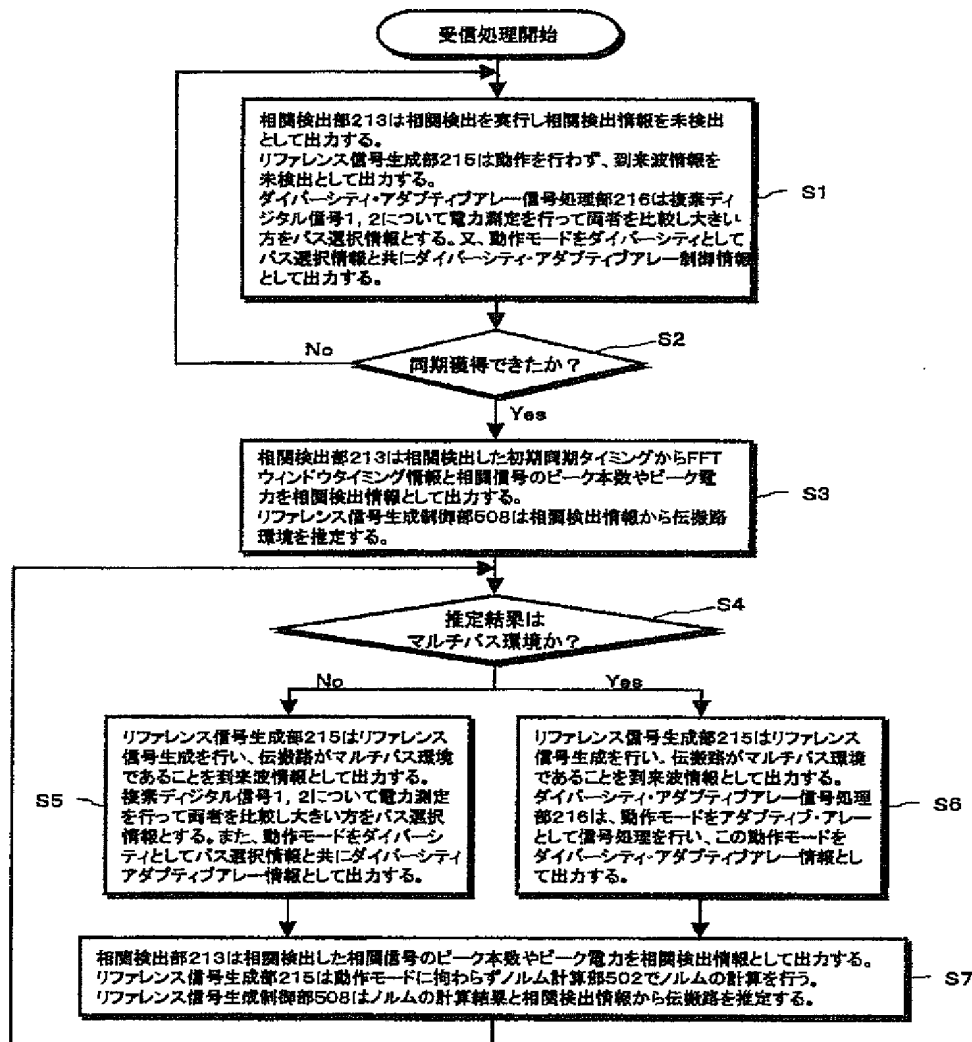
【図6】



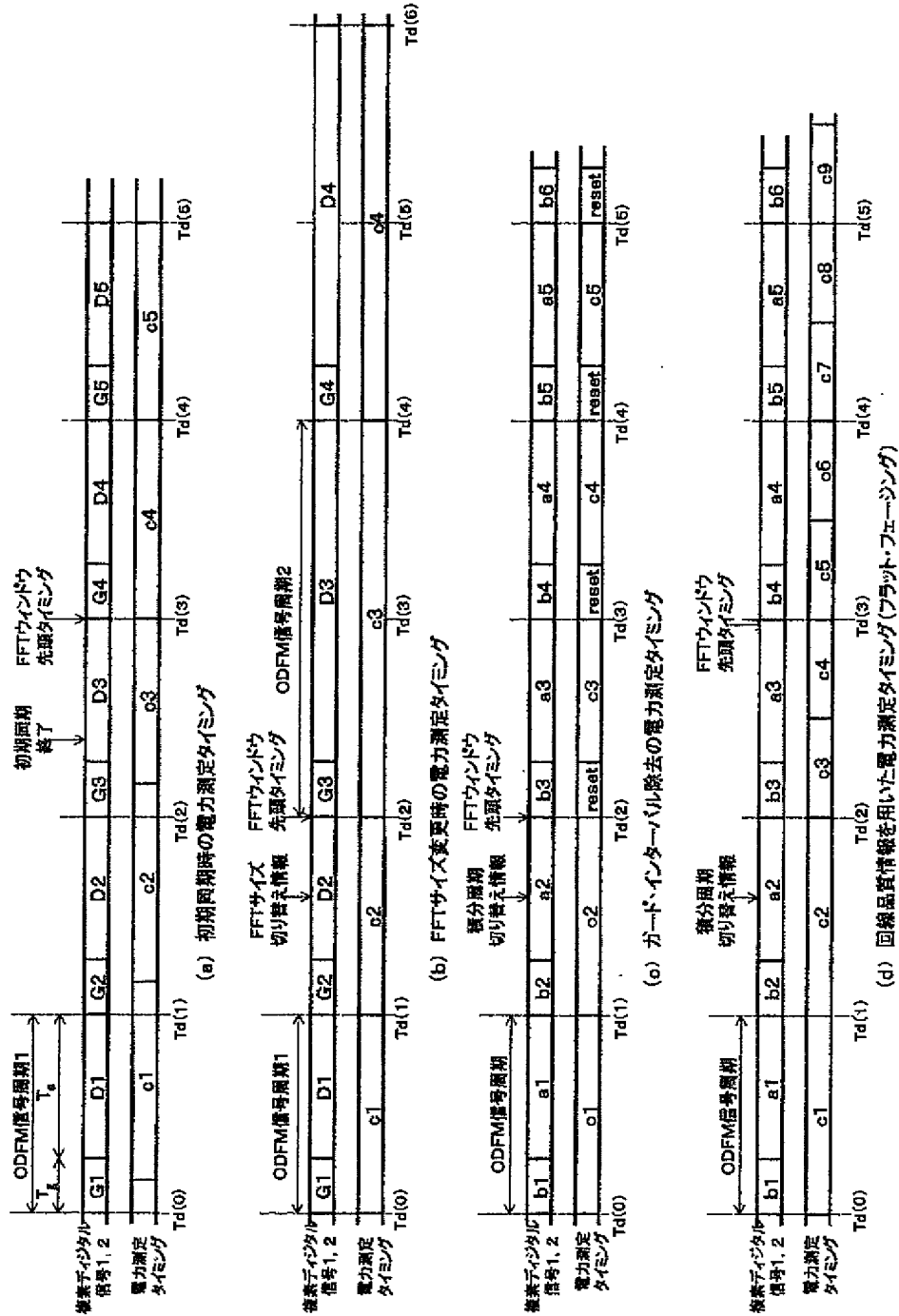
【図9】



【図10】



【図7】



【図8】

